

Ciclo diurno de PM_{10} en el Valle de Aburrá

Andrés Ochoa y José Fernando Jiménez

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Resumen

Uno de los principales problemas de las ciudades modernas es la contaminación del aire. El problema es aun más grave en ciudades encerradas en valles estrechos como es el caso de Medellín y su área metropolitana. La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Redaire) tiene varias estaciones de medición de PM_{10} distribuidas en el área metropolitana del Valle de Aburrá. En este trabajo analizamos el ciclo diurno de PM_{10} a escala horaria en ocho estaciones de Redaire. En todas ellas el ciclo diurno muestra un comportamiento bimodal con un pico al inicio de la mañana y otro al final de la tarde. El ciclo diurno de los domingos sigue el mismo patrón pero con una amplitud considerablemente menor. Este comportamiento es consecuencia del efecto combinado de las emisiones del tráfico vehicular y el forzamiento convectivo de la radiación solar.

Abstract

One of the major challenges of modern cities is air pollution management. The problem is more acute in complex terrain cities where air circulation could be inhibited. Redaire has a station network for monitoring PM_{10} concentrations in several places at Medellín. In this paper we analyze the diurnal cycle of hourly concentrations of PM_{10} in eight of these stations. All time series show a bimodal diurnal cycle, with one peak in the morning and another one in the evening. On Sundays diurnal cycle has the same pattern but a much smaller amplitude. This behaviour is a consequence of the combined effect of transport emissions and the convective forcing done by solar irradiance.

Palabras clave: material particulado, meteorología, contaminación del aire.

Keywords: particulate matter, meteorology, air pollution.

Introducción

La contaminación atmosférica en los centros urbanos es uno de los factores ambientales que contribuyen en mayor medida al deterioro de la salud humana, con efectos, entre otros, sobre la aparición de enfermedades óseas, respiratorias y cardiovasculares, cáncer, muerte súbita, y hasta trastornos genéticos (Silverman et al., 2010; Yang et al., 2009; Sánchez-Pérez et al., 2009; Guzmán-Torres et al., 2009; Beelen et al., 2008; Wilson et al., 2005; Pope et al., 2002; Hoek et al., 2002; Mukae et al., 2001). En Colombia son pocos los estudios existentes al respecto, entre ellos el de Macías et al. (2008) sobre la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en Medellín y el de Caballero et al. (2008) sobre la misma enfermedad en Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali y Medellín.

Materiales y Métodos

A map of Medellín, Colombia, and its surrounding regions. The map highlights a route marked with red star icons. The route begins in Medellín, travels north to Bello, then east to Copacabana, south to Envigado, and west to La Estrella. Other locations marked with red stars include Girardota, Guarne, San Joaquín, San Bernardo, Poblado, San Rafael, La Mina, Sabaneta, and Caldas. The map also shows major roads like Highway 62 and Highway 60, and geographical features like El Tambo and Parque Arví.

Para cada estación se estimó y dibujó el ciclo diurno de PM₁₀, inicialmente para todos los días y posteriormente sólo para los domingos. Con el fin de analizar la distribución de la variable, y no sólo su valor medio, se estimó también el ciclo diurno de varios percentiles y de los valores máximos y mínimos observados para cada hora del día durante el período de registro.

Análisis de Resultados

La Figura 2 muestra el ciclo diurno de PM₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo de esta variable. La línea azul es el promedio de PM₁₀ para cada hora del día, y las líneas color naranja representan los percentiles del 25% y el 75%, y el máximo y el mínimo registrados durante el período de análisis. Los puntos grises son los valores registrados en cada hora, que además de ser la fuente de información para el cálculo de los estadísticos mencionados, dibujados en la gráfica sirven para demostrar su comportamiento asimétrico con respecto a la media, y por lo tanto la inconveniencia de asumir para su descripción estadística funciones de densidad de probabilidad simétricas, como por ejemplo la normal.

Por otra parte son alarmantes las concentraciones de PM₁₀ en la ciudad de Medellín, las cuales exceden varias normas como por ejemplo la de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), las directivas de la Comisión Europea (EC) y los objetivos de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En la Figura 2 se dibuja, para cada una de las estaciones, el ciclo diurno junto a sus percentiles del 25% y el 75%, el cual aparece en rombos de color rojo; se dibuja además en esta figura el ciclo diurno estimado únicamente a partir de los registros de los domingos, también con sus percentiles del 25% y el 75%, y representado con triángulos azules. Es claro que en todas las estaciones las concentraciones de PM₁₀ suelen ser más bajas los domingos que durante los demás días de la semana. Este comportamiento se debe muy posiblemente a la disminución del tráfico automotriz, por lo menos durante las horas más críticas del transporte en días laborales. Sin embargo el ciclo diurno dominical también presenta el comportamiento bimodal observado en el ciclo diurno general, aunque con menor amplitud. Este patrón bimodal se puede explicar por la estabilidad atmosférica que puede tener lugar en las primeras horas de la mañana, cuando la radiación solar aun no calienta la superficie y activa el mecanismo de convección que destruye la estabilidad. Similarmente hacia el final de la tarde la intensidad de radiación solar disminuye y comienzan a darse las condiciones físicas para el desarrollo de la estabilidad. En ambos casos la estabilidad favorece la acumulación de contaminantes sobre la superficie, entre ellos el PM₁₀. Tan et al. (2009) encontraron resultados similares al comparar las concentraciones de varios contaminantes en Taipei entre los días laborales con los del año nuevo chino.

Conclusiones

La concentración de PM₁₀ en el Valle de Aburrá es alarmantemente alta casi permanentemente. En la mayoría de las estaciones las concentraciones de PM₁₀ registradas se sobrepasan los umbrales fijados en las directrices de la OMS, la EC, la EPA y otras normativas y estándares internacionales, lo cual es sumamente grave y alarmante, y requiere la atención urgente de las entidades encargadas del control de la emisión de contaminantes a la atmósfera.

El ciclo diurno de PM₁₀ suspendido en el aire del Valle de Aburrá exhibe un comportamiento bimodal con un pico al principio de la mañana y otro al final de la tarde y el comienzo de la noche. El ciclo diurno calculado para los domingos muestra un comportamiento también bimodal pero con menor amplitud, lo cual se explica por la disminución en el tráfico automotor.

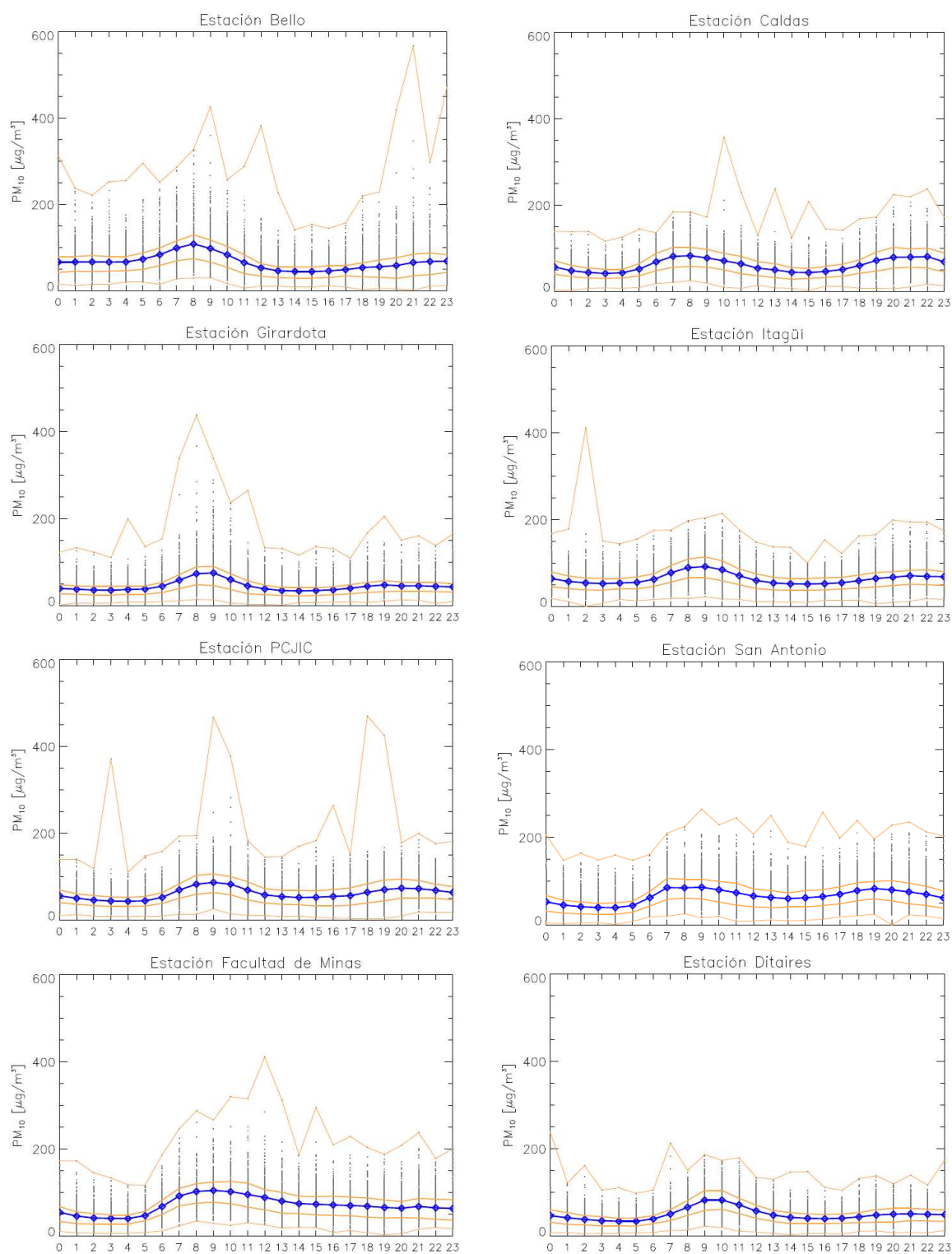


Figura 2. Ciclo diurno de PM₁₀ en cada una de las 8 estaciones. En todas ellas el ciclo diurno se comporta bimodalmente, con un pico en la mañana y otro al comienzo de la noche.

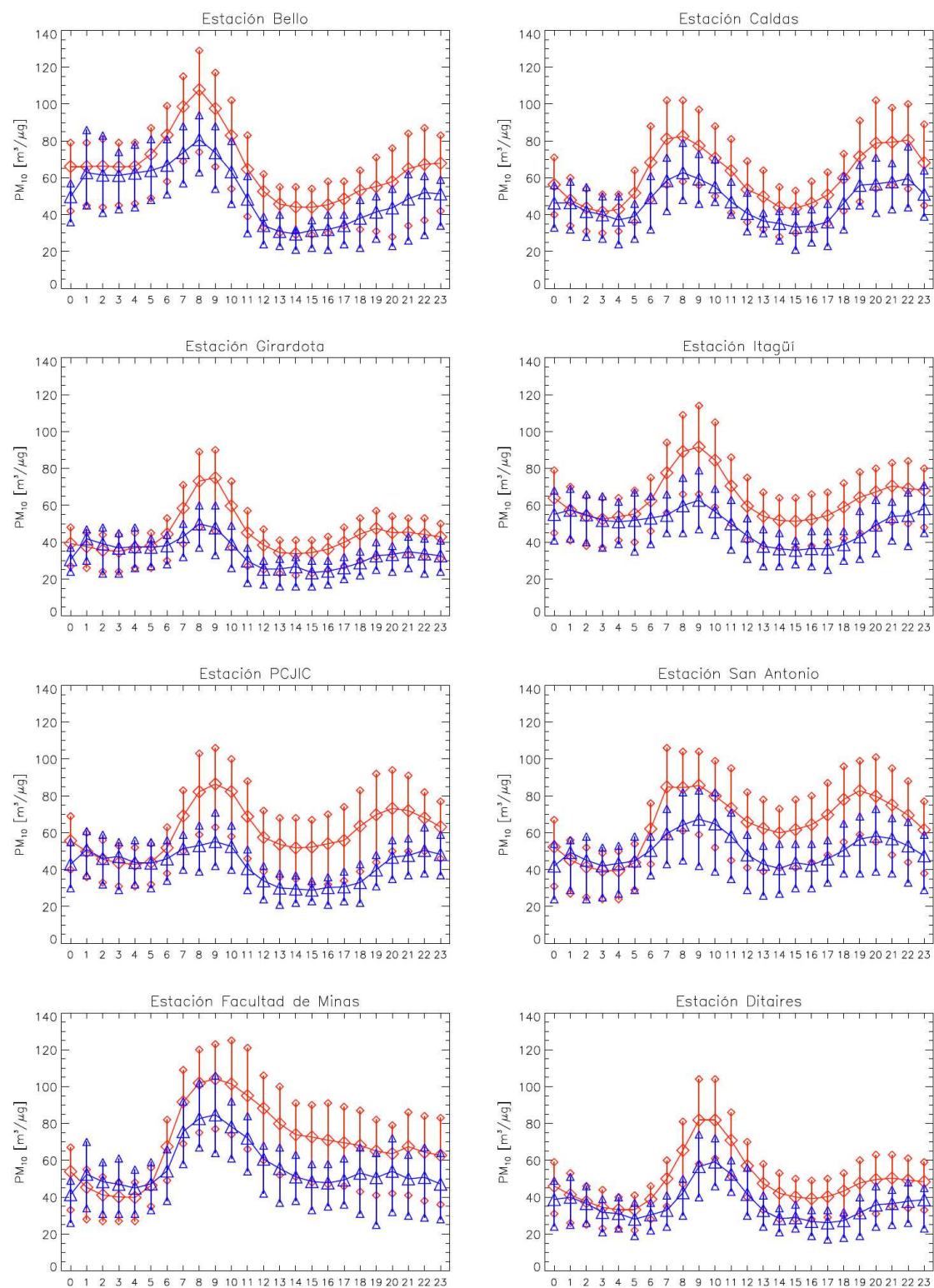


Figura 3. Ciclo diurno estimado con la totalidad de la muestra (rombos en rojo) y únicamente para los domingos (triángulos azules). En ambos ciclos se presentan los percentiles 25 y 75 con barras verticales.

Reconocimientos

Los autores agradecemos a la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Redaire) por el suministro de la información de PM₁₀ utilizada para la realización de esta investigación.

Referencias

Beelen, Rob, Gerard Hoek, Piet A. van Den Brandt, R. Alexandra Goldbohm, Paul Fischer, Leo J. Schouten, Michael Jerrett, Edward Hughes, Ben Armstrong, and Bert Brunekreef. 2008. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environmental health perspectives* 116, no. 2: 196-202. doi:10.1289/ehp.10767.

Caballero, A., C.A. Torres-Duque, C. Jaramillo, F. Bolívar, F. Sanabria, P. Osorio, C. Orduz, D.P. Guevara y D. Maldonado. 2008. "Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in five Colombian cities situated at low, medium and high altitude (PREPOCOL study)", *Chest*, 133: 343–349.

Guzmán-Torres, Diana, Arantza Eiguren-Fernández, Pablo Cicero-Fernández, Marisela Maubert-Franco, Armando Retama-Hernández, Rafael Ramos Villegas, y Antonio H. Miguel. 2009. Effects of meteorology on diurnal and nocturnal levels of priority polycyclic aromatic hydrocarbons and elemental and organic carbon in PM₁₀ at a source and a receptor area in Mexico City. *Atmospheric Environment* 43, no. 17: 2693-2699. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.03.003.

Hoek, Gerard, Bert Brunekreef, Sandra Goldbohm, Paul Fischer, y Piet A. van den Brandt. 2002. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360, no. 9341: 1203-09. doi:10.1016/S0140-6736(02)11280-3.

Lonati, G., M. Giugliano, and S. Cernuschi. 2006. The role of traffic emissions from weekends' and weekdays' fine PM data in Milan. *Atmospheric Environment* 40, no. 31 (October): 5998-6011. doi:10.1016/j.atmosenv.2005.12.033.

Macías, Antonio, Diana Moncada, Zulma Rueda, Yudy Aguilar, and Lázaro Vélez. 2008. Relación entre variables climáticas y la etiología de la Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC) en adultos. . Área Metropolitana de Medellín 2005-2006. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enfermedades Infecciosas. Santa Marta, Colombia. Asociación Colombiana de Infectología.

Mukae, H, R Vincent, K Quinlan, D English, J Hards, J C Hogg, y S F van Eeden. 2001. The effect of repeated exposure to particulate air pollution (PM₁₀) on the bone marrow. *American journal of respiratory and critical care medicine* 163, no. 1: 201-9.

Pope III, C.A., Richard T. Burnett, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, y George D. Thurston. 2002. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* 287, no. 9: 1132-1141. doi:10.1001/jama.287.9.1132.

Poveda, Germán, Oscar J. Mesa, Luis F. Salazar, Paola A. Arias, Hernán A. Moreno, Sara C. Vieira, Paula A. Agudelo, Vladimir G. Toro, and J. Felipe Alvarez. 2005. The Diurnal Cycle of Precipitation in the Tropical Andes of Colombia. *Monthly Weather Review* 133, no. 1 (January): 228-240. doi:10.1175/MWR-2853.1.

Sánchez-Pérez, Yesennia, Yolanda I Chirino, Alvaro R Osornio-Vargas, Rocío Morales-Bárcenas, Concepción Gutiérrez-Ruíz, Inés Vázquez-López, and Claudia M García-Cuellar. 2009. DNA damage response of A549 cells treated with particulate matter (PM10) of urban air pollutants. *Cancer letters* 278, no. 2 (June): 192-200. doi:10.1016/j.canlet.2009.01.010. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19217710>.

Silverman, Robert A, Kazuhiko Ito, John Freese, Brad J Kaufman, Danilynn De Claro, James Braun, y David J Prezant. 2010. Association of ambient fine particles with out-of-hospital cardiac arrests in New York City. *American Journal of Epidemiology* 172, no. 8: 917-23. doi:10.1093/aje/kwq217. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20729350>.

Tan, Pei-Hua, C Chou, Jing-Yi Liang, CC-K Chou, y Chein-Jung Shiu. 2009. Air pollution “holiday effect” resulting from the Chinese New Year. *Atmospheric Environment* 43, no. 13: 2114-2124. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.01.037.

Wilson, J. Gaines, Simon Kingham, Jamie Pearce, and Andrew P. Sturman. 2005. A review of intraurban variations in particulate air pollution: Implications for epidemiological research. *Atmospheric Environment* 39, no. 34: 6444-6462. doi:10.1016/j.atmosenv.2005.07.030.

Yang, Wei, and Stanley T. Omaye. 2009. Air pollutants, oxidative stress and human health. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 674, no. 1-2: 45-54. doi:10.1016/j.mrgentox.2008.10.005.